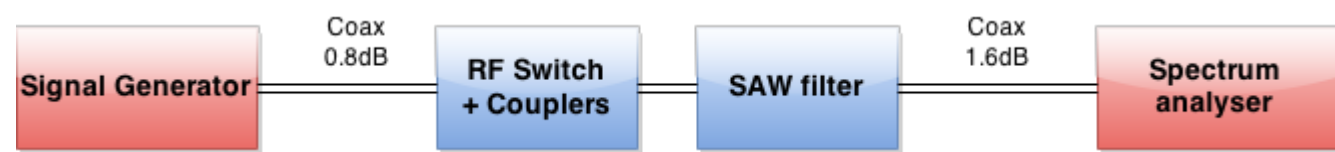


V minulosti bola pri stratosférických letoch postačujúca jednosmerná komunikácia (Balón > Zem) v ktorej boli vysielané dátové pakety vo formáte APRS. V súčasnosti však na sondách letia do stratosféry náročnejšie technológie, resp. experimenty s potrebou realtime komunikácie s riadiacou jednotkou. Preto bolo potrebné do hardwaru sondy aplikovať technológie určené k testovaniu technológií obojstrannej komunikácie a prenosu telemetrie (Balón > Zem, Zem > Balón).

MERANIE VLOŽNÉHO ÚTLMU RF SWICH + COUPLERS + SAW FILTER

Meranie prebiehalo tak, ako znázorňuje Obr. 1. Meral sa vložný útlm, šírka pásma filtra a úroveň potlačenia rušivých signálov. Pri meraní treba zobrať do úvahy aj útlm samotných koaxiálnych káblov ktoré mali dokopy útlm 2,4 dB.

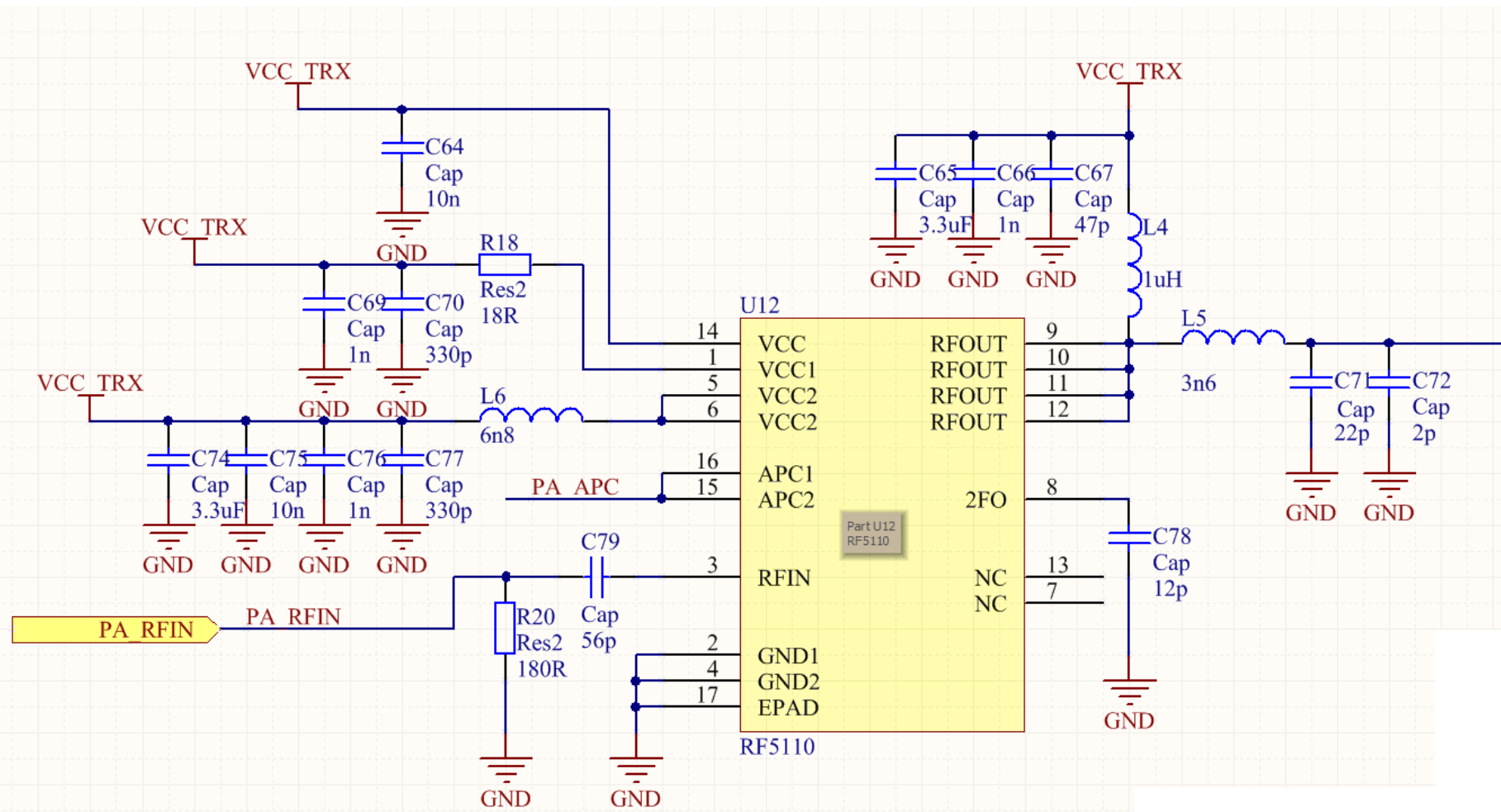


Obr. 1 – bloková schéma meracej sústavy

Úroveň signálu z generátora bola 5 dBm. Šírka pásma filtra je cca 20 MHz, potlačenie rušivých signálov je viac ako 50dB a vložný útlm prvkov po odpočítaní strát na koax. káblach je 2.6 dB. Tento útlm je tvorený útlmom SAW filtra MP04694 (2 dB), anténneho prepínača AS193 (0.3 dB) a couplerov CP0603 (2x 0.15 dB). Útlm prvkov sa takmer zhoduje s hodnotou udávanou v datasheetoch súčiastok.

KONCOVÝ STUPEŇ VYSIELAČA

Koncový stupeň vysieláča v pásme 70cm je realizovaný obvodom RF5110 (Obr. 2)



Obr. 2 – bloková schéma koncového vysieláča

Zapojenie je realizované podľa datasheetu. Bolo potrebné však mierne zmeniť hodnoty L_5 , C_{71} a C_{72} , čo tvorí impedančné prispôsobenie výstupu. Kondenzátor C_{78} slúži na potlačenie druhej harmonickej signálu. Tvorí sériový rezonančný obvod s vnútornou indukčnosťou L_x . Táto indukčnosť je vytvorená zlatým drôtikom ktorým je nabondovaný samotný čip k púzdru. Stanovenie hodnoty kondenzátora C_{78} prebiehalo experimentálne. Najskôr bol osadený $C_{78} = 18pF$. Na spektrálnom analyzátore sa zmerala frekvencia pri ktorej rezonuje L_x, C_{78} .

Pre túto hodnotu bola $f_0 = 770MHz$. Vypočítal sa chýbajúci $L_x = 1/(4 + \pi^2 * f_0^2 * C) = 1/(4 + \pi^2 * 770e6^2 * 18e-12) = 2.4nH$.

Dopočítala sa potrebná hodnota kondenzátora pre druhú harmonicú $f_0 = 874 MHz$.

$C_{71} = 1/(4 + \pi^2 * f_0^2 * L) = 1/(4 + \pi^2 * 874e6^2 * 2.4e-9) = 14pF$. Bol vybraný najbližší C s rady E12 15pF. Pri tejto konfigurácii bol útlm druhej harmonickej $-45dBc$. Výkon druhej harmonickej bol $30uW$. Úroveň stanovená normou je $25uW$.

Meranie výkonu prebiehalo pri napätí $U_{pa} = 3,2V$. Odoberaný prúd bol $I = 1.25A$. Príkion PA bol teda $P_{in} = U * I = 3.2 * 1.25 = 4W$

Nameraný výstupný výkon bol $31.5 dB$, k tejto hodnote je však potrebné pripočítať straty na koax. kábli $0.8 dB$. Výkon na RF konektore transceivera bol teda $P_{out} = 32.3 dBm = 1.7W$

Nameraná účinnosť PA je teda $n = P_{out}/P_{in} = 1,7W / 4W = 42.5\%$

MERANIE POČAS LETU SPVRI 01/2015

Dňa 2.5.2015 sme počas stratosférického letu SPVRI 01/2015 testovali potrebné parametre obojsmernej komunikácie.

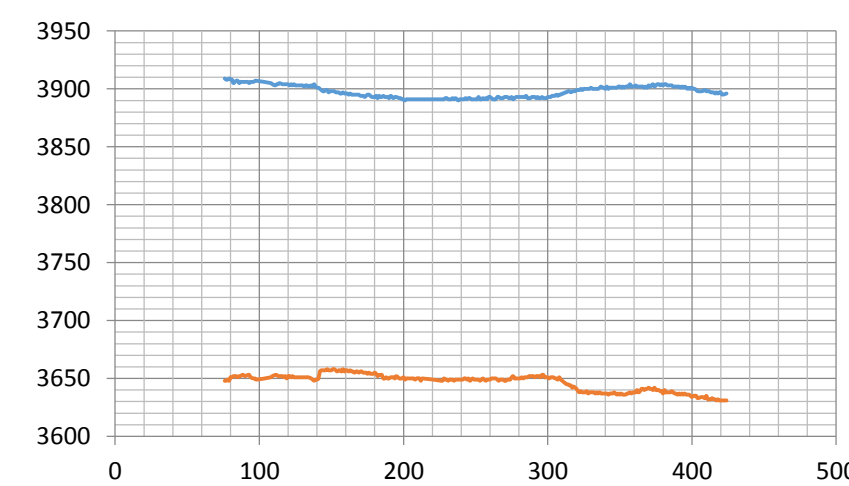
Merali sa nasledovné parametre:

- Vyžiarený a reflektovaný výkon vysieláča
- Počet úspešne prijatých paketov na zemi
- Počet úspešne prijatých paketov na stratosférickom balóne

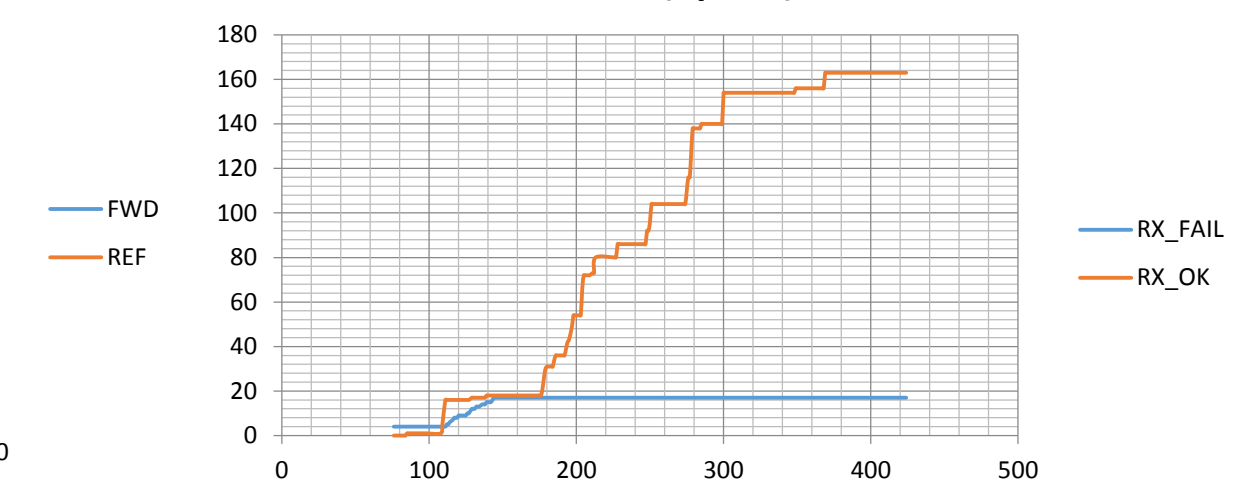
Na Obr. 4 je zobrazený vyžiarený a reflektovaný výkon vysieláča počas celého letu balóna. Meranie bolo realizované integrovaným PSV metrom. Výkon vysieláča bol celú dobu zhruba na úrovni 33dBm, reflektovaný výkon na úrovni -8dBm.

Počas letu sme odoslali 163 paketov smerom k balónu, z toho bolo 17 zle prijatých (nesedel CRC kontrolný súčet) – Obr.5.

Vyžiarený (FWD) a reflektovaný (REF) výkon vysieláča

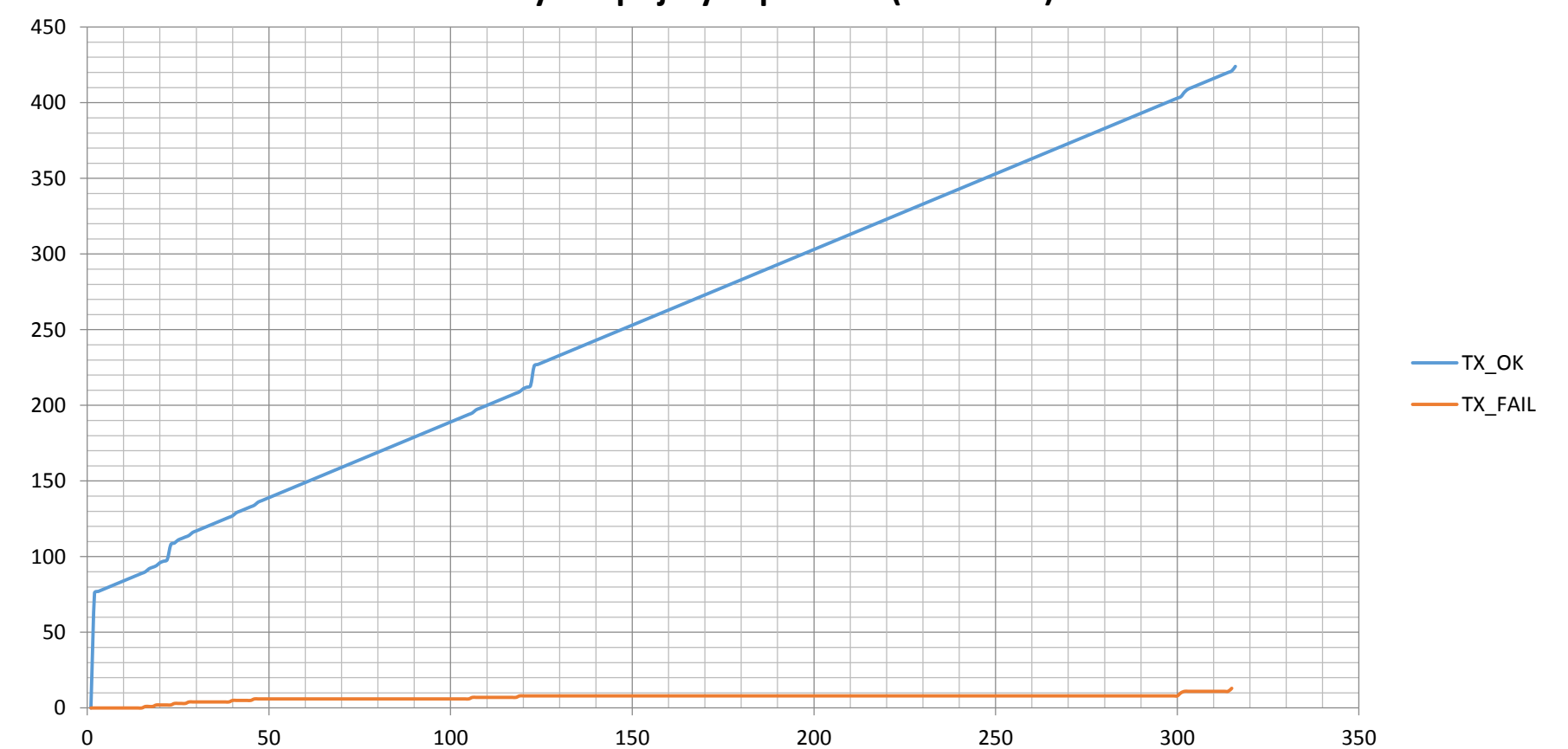


Počet korektné a chybné prijatých paketov (uplink)



Počas letu bolo v zostupnom smere korektné prijatých 424 paketov.. Chybné bolo prijatých 13 paketov (Obr. 6)

Počet korektné a chybné prijatých paketov (downlink)



ZHODNOTENIE MERANIA

Na základe týchto meraní sme zhodnotili, že najväčší možný problém pri prenose paketov môže nastať pri odosielaní paketov smerom k družici, kde sa môže lokálne rušenie spôsobovať chyby pri prijme paketov. Preto treba klásť dôraz na EMC meranie rušivého vyžarovania celého systému a taktiež potlačiť rušenie modulu transceivera vhodným umiestnením VF tienenia.

Poděkování: SPOLEČNĚ PRO VÝZKUM, ROZVOJ A INOVACE CZ/FMP.17A/0436